

氏 名	にし さきお 西 咲音
学位の種類	博士（理学）
報告番号	甲第474号
学位授与年月日	2018年3月31日
学位授与の要件	学位規則(昭和28年4月1日文部省令第9号) 第4条第1項該当
学位論文題目	Observational Predictions of Generalized Galilean Genesis (一般化されたガリレアンジェネシスの観測的予言)
審査委員	(主査) 原田 知広 (立教大学大学院理学研究科教授) 小林 努 (立教大学大学院理学研究科准教授) 亀田 真吾 (立教大学大学院理学研究科准教授)

I. 論文の内容の要旨

(1) 論文の構成

第一章では宇宙論に関する基礎的な事項である標準ビッグバン宇宙論・インフレーション理論と、本論文の主要部分を理解するうえで不可欠な修正重力理論・宇宙論的摂動論・およびこれらの現代的な論点について、まとめられている。第二章は、Galilei 的宇宙創世記 (Galilean Genesis) に関する章であり、申請者自身の独自の研究を含む本論である。そこでは、まず宇宙創成シナリオの一つである Galilei 的宇宙創世記とその一般化について議論され、続いてこの仮説に基づく宇宙再加熱とそれにともなう重力波生成に関する結果が提示される、最後に観測的に重要な揺らぎのパワースペクトルに関する結果が提示される。第二章の後には、全体の結論が与えられる。

(2) 論文の内容要旨

インフレーション理論は現在最も成功している宇宙創成シナリオであるといえる。インフレーション理論は一般相対論に基づいており、標準ビッグバン宇宙論に適した初期条件を与えるとともに、観測とよく一致する曲率ゆらぎすなわちスカラーゆらぎを予言する。一方標準的なインフレーション理論は時空初期特異点を内包している。本論文では、標準的なインフレーション理論とは異なる宇宙創成シナリオとして Galilei 的宇宙創世記について研究を行った。このシナリオでは、一般相対論とは異なる重力理論である Galilei 的スカラーテンソル重力理論を採用して近似的な Minkowski 時空から宇宙が膨張を開始することを可能にすることで初期特異点を回避する。本論文では、まず Galilei 的宇宙創世記シナリオの宇宙再加熱期における重力波生成に関する研究をおこなった。その結果、創世記シナリオの再加熱期で生成される重力波は現在計画されている検出器では見つけることはできず、より高周波数の検出器によってのみ見つけることができることがわかった。この従来の創世記シナリオは一般化することができる。それは重力理論を Horndeski 理論と呼ばれる、スカラー場を一つだけ含み運動方程式が二階微分までであらわされる最も一般的なスカラーテンソル理論に拡張した創世記シナリオである。本論文では、この一般化された Galilei 的宇宙創世記シナリオにおける原始重力波とスカラー摂動のスペクトルを研究した。その結果、このシナリオが持つ二つのパラメータに応じて、重力波のスペクトルとスカラー摂動のスペクトルが両方とも変化することが示された。これは、一般化された Galilei 的宇宙創世記シナリオがおよそ観測されるどのような揺らぎのスペクトルをも説明することが可能であり、そのスペクトルからこのシナリオ中のモデル間の識別が可能であることを示すものである。

II. 論文審査の結果の要旨

(1) 論文の特徴

本論文は、標準的な宇宙論であるビッグバン理論の初期条件を与える上で現在最も有力な仮説であるインフレーション理論に対抗する宇宙創成シナリオに関する研究である。標準的なインフレーション理論では重力理論として一般相対論を採用するのであるが、本論文で著者は一般相対論から変更を含んだいわゆる修正重力理論を採用して初期の時空特異点を回避した宇宙創成シナリオを採用し、重力波およびスカラー摂動の生成とスペクトルの導出をおこなった。インフレーション理論はこれまで様々な側面から多数の理論的研究が行われ、理論的な道具立てが整備されて様々なモデルに応じて観測可能な予言を行うことができ、多くの観測的事実によって支持されてきている。このようにインフレーション理論はビッグバン宇宙論の初期条件を与える標準理論となりつつあるが、本研究のようにそれを相対化する試みは科学の常道であり、その健全な発展のためには欠かせないものである。このように本論文は現代宇宙論に対して重要かつ貴重な視座を与えるものである。

(2) 論文の評価

本論文での研究によって、標準理論になりつつあるインフレーション宇宙論とは異なり、修正重力理論における宇宙創成シナリオについて、上述のように従来にはなかった新しい観点から独創的な計算を行い、原理的に観測可能な原始重力波およびスカラー摂動のパワースペクトルを導いた。また、本論文の前半においては、標準ビッグバン宇宙論・インフレーション宇宙論・宇宙論的摂動論・修正重力理論等に関して、独自の研究の理解に必要な概観が述べられている。このようなことから本論文は高く評価される。